

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту



ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ  
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ  
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ  
VIII-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**Тези доповідей**

**Частина 2**



20–22 листопада 2019 р., м. Харків, Україна

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 8-ої міжнародної  
науково-технічної конференції**

**«ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ  
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ  
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»**

**Харків 2019**

8-а Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 20-22 листопада 2019 р.: Тези доповідей. Ч.2. - Харків: УкрДУЗТ, 2019. - 241 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та будівельної галузі за трьома напрямками: залізниця, автомобільні дороги, промисловий транспорт і геодезичне забезпечення; будівельні конструкції, будівлі та споруди; будівельні матеріали, захист і ремонт конструкцій та споруд.

## ЗМІСТ

### Секція

### БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

ESTABLISHMENT OF THE SCOPE OF TESTING OF CIVIL STRUCTURES FOR MULTISTAGE QUALITY CONTROL <b>M.V. Savytskyi, T.J. Shevchenko, O.M. Savytskyi, A.M. Savytskyi.....</b>	13
STABILITY OF LIGHT STEEL THIN-WALLED STRUCTURES FILLED WITH LIGHTWEIGHT CONCRETE <b>V.O. Semko, A.V. Hasenko, N.M. Mahas, O.G. Fenko, V.O. Sirobaba....</b>	15
НОВІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ПРИ ПОСИЛЕННІ НЕРОЗРІЗНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК <b>Т.Н. Азізов, Д.В. Кочкар'юв, Т.А. Галінська.....</b>	17
РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТИ ПРИ КРУЧЕНИИ ДВУТАВРОВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С НОРМАЛЬНЫМИ ТРЕЩИНАМИ <b>Т.Н. Азізов, О.М. Орлова, О.В. Нагайчук.....</b>	19
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЕФОРМАТИВНОСТІ ТА ТРИЩИННОСТІЙКОСТІ НЕРОЗРІЗНИХ ДВОПРОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ІЗ КОМБІНОВАНИМ АРМУВАННЯМ <b>О.В. Андрійчук, М.В. Нінічук.....</b>	21
ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ У СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ ТОНКОСТІННИХ ПОКРИТТЯХ У ФОРМІ ГІПЕРБОЛІЧНОГО ПАРАБОЛОЇДА <b>О.В. Андрійчук, С.О. Ужегов.....</b>	23
РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ УТОЧНЕНИМИ МЕТОДАМИ <b>Х.З. Байтала, П.І. Бакін, Т.П. Донець, О.А. Фесенко.....</b>	25
НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ КАТЕГОРІЇ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЛІ ТА ЗМІНИ ІНТЕНСИВНОСТІ СЕЙСМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ <b>М.С. Барабаш, Н.О. Костира, Б.Ю. Писаревський.....</b>	27
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ПРИЗМ ЩО ЗАЗНАЛИ ДІЇ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР <b>С.Ю. Берестянська, Є.І. Галагура, О.В. Опанасенко, І.В. Биченок А.О. Берестянська, .....</b>	29
ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК АРМОВАНИХ ВИСОКОМІЩНОЮ АРМАТУРОЮ ТА СТАЛЕВИМ ЗОВНІШНІМ ЛИСТОМ <b>Т.В. Бобало, Я.З. Бліхарський, Н.С. Копійка, М.Е. Волинець.....</b>	31

ПРОБЛЕМИ ДОТРИМАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ	
<b>Л.О. Богінська, О.В. Юрченко, В.І. Шушкевич.....</b>	<b>33</b>
ПІДСИЛЕННЯ КАМ'ЯНИХ КОЛОН (СТОВПІВ) ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНОЮ ОБОЙМОЮ	
<b>Ю.В. Бондаренко, В.Л. Земляков, К.В. Спіранде, І.А. Плахотнікова...</b>	<b>35</b>
ДОСВІД ПРАКТИЧНОГО БУДІВНИЦТВА ГРЕБЕЛЬ З УКОЧЕНОГО БЕТОНУ	
<b>С.В. Бутнік, А.О. Мозговий.....</b>	<b>37</b>
МЕТОДИКА ВЕРОЯТНОСТНОЇ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТІ МОНОЛИТ- НИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННИХ ОБДЕЛОК НАПОРНИХ ГИДРОТЕХНИЧЕС- КИХ ТУННЕЛЕЙ ГЭС И ГАЭС В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД	
<b>А.И. Вайнберг.....</b>	<b>39</b>
ВЛИЯНИЕ СВЕРХНОРМАТИВНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТАЛЬНЫХ КОЛОН НА ИХ ОГНЕСТОЙКОСТЬ	
<b>А.В. Васильченко, Ю.А. Отрош, Д.Б. Анацкий, А.С. Гапонова.....</b>	<b>41</b>
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ С МОНОЛИТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТОЙ	
<b>Г.Л. Ватуля, О.В., Лобяк, С.В. Дериземля, М.А. Веревичева, Є.Ф. Орел</b>	<b>44</b>
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ	
<b>М.М. Вигнанець, С.Ф. Неутов, М.Г. Сур'янінов.....</b>	<b>46</b>
МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ БАШТОВОЇ СПОРУДИ З ПРИЄДНАНИМ ГАСНИКОМ У РІВНОМІРНОМУ ВІТРОВОМУ ПОТОЦІ	
<b>В.Є. Волкова, І.В. Шаповал.....</b>	<b>48</b>
ОЦІНКА ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ	
<b>Л.В. Гапонова, С.С. Гребенчук.....</b>	<b>50</b>
НЕНЬЮТОНОВСКИЕ ЖИДКОСТИ В БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ПАНЕЛЯХ МОБИЛЬНОГО БРУСТВЕРА	
<b>Г.М. Гасий, В.И. Шушкевич, Е.В. Гасий, Н.Н. Срибняк.....</b>	<b>52</b>
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКУ КРУТИЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕВИХ БАЛОК	
<b>С.А. Гудзь, Г.М. Гасій, О.В. Гасій.....</b>	<b>54</b>
РОЗРАХУНОК ПОЗАЦЕНТРОВО РОЗТЯГНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ МАЛИМИ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТАМИ ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ ПЕРШОЇ ГРУПИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДЕФОРМАЦІЙНОГО МЕТОДУ	
<b>Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко.....</b>	<b>56</b>

**МЕТОДИКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ  
МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБДЕЛОК НАПОРНЫХ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТУННЕЛЕЙ ГЭС И ГАЭС В  
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД**

**PROCEDURE OF PROBABILISTIC STRENGTH ASSESSMENT OF  
MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE LININGS OF HIGH-PRESSURE  
HYDROTECHNICAL TUNNELS OF HPP AND PSPP DURING THE  
OPERATIONAL PERIOD**

*д-р техн. наук А.И. Вайнберг  
ЧАО «Укргидропроект» (г. Харьков)*

*O.I. Vaynberg, D.Sc. (Tech.)  
Private joint-stock company "Ukrhydroproject" (Kharkiv)*

Согласно действующим в настоящее время в Украине государственным стандартам и строительным нормам для обоснования надежности и безопасности строительных конструкций, зданий и сооружений дополнительно к нормативным проектным расчетам по методу предельных состояний рекомендуется выполнять вероятностные расчеты надежности уникальных и особо ответственных конструкций.

До настоящего времени нет установившихся методик, которые можно было бы использовать для выполнения вероятностных расчетов надежности и безопасности ряда сложных и ответственных конструкций и сооружений. К числу таких сооружений относятся напорные гидротехнические туннели, которые широко применяются в качестве стационарных водоводов ГЭС и ГАЭС.

В настоящее время в Украине по проектам ЧАО «Укргидропроект» строятся высоконапорные гидротехнические туннели в составе Днестровской ГАЭС и Ташлыкской ГАЭС. Предусмотрены монолитные железобетонные обделки этих туннелей. Известно, что наибольшая опасность возникновения аварий на туннелях с такими обделками связана с потерей прочности этих обделок в эксплуатационный период. Учитывая высокую ответственность туннелей строящихся ГАЭС, следует выполнить вероятностные расчеты, обосновывающие надежность этих туннелей. Для выполнения этих расчетов необходима методика, основные положения которой изложены в настоящей работе.

Согласно действующим в Украине нормам проектирования прочность железобетонной обделки напорного гидротехнического туннеля в эксплуатационный период определяется одним параметром – прочностью рабочей кольцевой арматуры, размещенной в такой обделке. Поэтому вероятностные расчеты надежности рассматриваемого туннеля целесообразно выполнять в рамках параметрической теории надежности.

Рассмотрены следующие, стандартные для параметрической теории надежности, этапы расчетов по определению вероятности потери прочности рабочей кольцевой арматуры железобетонной обделки напорного туннеля.

1-й этап – составление уравнения связи между входными параметрами (характеристики нагрузок, свойств материалов и грунтов и т.п.) и выходными параметрами (результаты расчета). Уравнение связи принято на основе полученного ранее решения задачи об определении напряжений  $y_s$  в расчетной кольцевой арматуре в виде

$$\sigma_s = \frac{E_s}{E_s \cdot A_s + K_0 \cdot r_s} \cdot \left[ q \cdot r_i + \frac{2}{3} \cdot \frac{K_0 \cdot r_s \cdot R_{bt} \cdot (r_e - r_i)}{E_s \cdot A_s} \right] \leq R_s.$$

где  $q$  – расчетное внутреннее давление воды в туннеле, представляющее собой сумму  $q=q_{st}+q_p+q_{wp}+q_s$ ;  $q_{st}$  – статическое давление воды, зависящее от разности уровня воды в верхнем бьефе  $Z_w$  и отметки оси туннеля в рассматриваемом сечении  $Z_0$ ;  $q_p$  – давление пульсации потока воды;  $q_{wp}$  – давление гидравлического удара;  $q_s$  – сейсмическое давление, зависящее от сейсмического ускорения  $a_s$ ;  $r_i$  – внутренний радиус обделки туннеля;  $r_e$  – наружный радиус обделки туннеля;  $r_s$  – радиус оси рабочей кольцевой арматуры;  $A_s$  – площадь сечения рабочей кольцевой арматуры на единицу длины туннеля;  $E_s$  – модуль упругости материала арматуры (стали);  $K_0$  – приведенный коэффициент удельного упругого отпора массива горных пород, вмещающих туннель;  $R_{bt}$  – прочность бетона при растяжении;  $R_s$  – прочность арматуры при растяжении.

2-й этап – подготовка исходных данных для расчета в соответствии с принятым уравнением связи и разделение параметров на неслучайные (детерминированные) и случайные. Приведены рекомендации по подготовке исходных данных на основе проектных материалов, данных инженерно-геологических изысканий с учетом рекомендаций норм проектирования. На основе выполненного анализа показано, что параметры  $Z_0$ ,  $r_i$ ,  $r_s$ ,  $A_s$ ,  $E_s$ , целесообразно рассматривать как детерминированные, а параметры  $Z_w$ ,  $q_p$ ,  $q_{wp}$ ,  $a_s$ ,  $r_e$ ,  $K_0$ ,  $R_{bt}$ ,  $R_s$  – как случайные.

3-й этап – определение на основе имеющейся информации вероятностных характеристик случайных входных параметров. Для случайных входных исходных данных приведены рекомендации для нахождения принимаемых видов функций распределения и определяемых параметров этих функций.

4-й этап – определение вероятности достижения предельного состояния железобетонной обделки по условию прочности рабочей кольцевой арматуры на основе решения соответствующей задачи статистической динамики. Предложен алгоритм решения этой задачи методом статистических испытаний (Монте-Карло).

В ЧАО «Укргідропроект» разработана компьютерная программа, реализующая изложенный алгоритм. По этой программе выполнены расчеты вероятности разрушения железобетонной обделки высоконапорного туннеля Днестровской ГАЭС.